**Изучение электрофизических свойств лазерно-модифицированной хрящевой ткани**   
***Касьяненко Е.М, \*Омельченко А.И.*** *Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова,*

*Физический факультет, Москва, Россия*

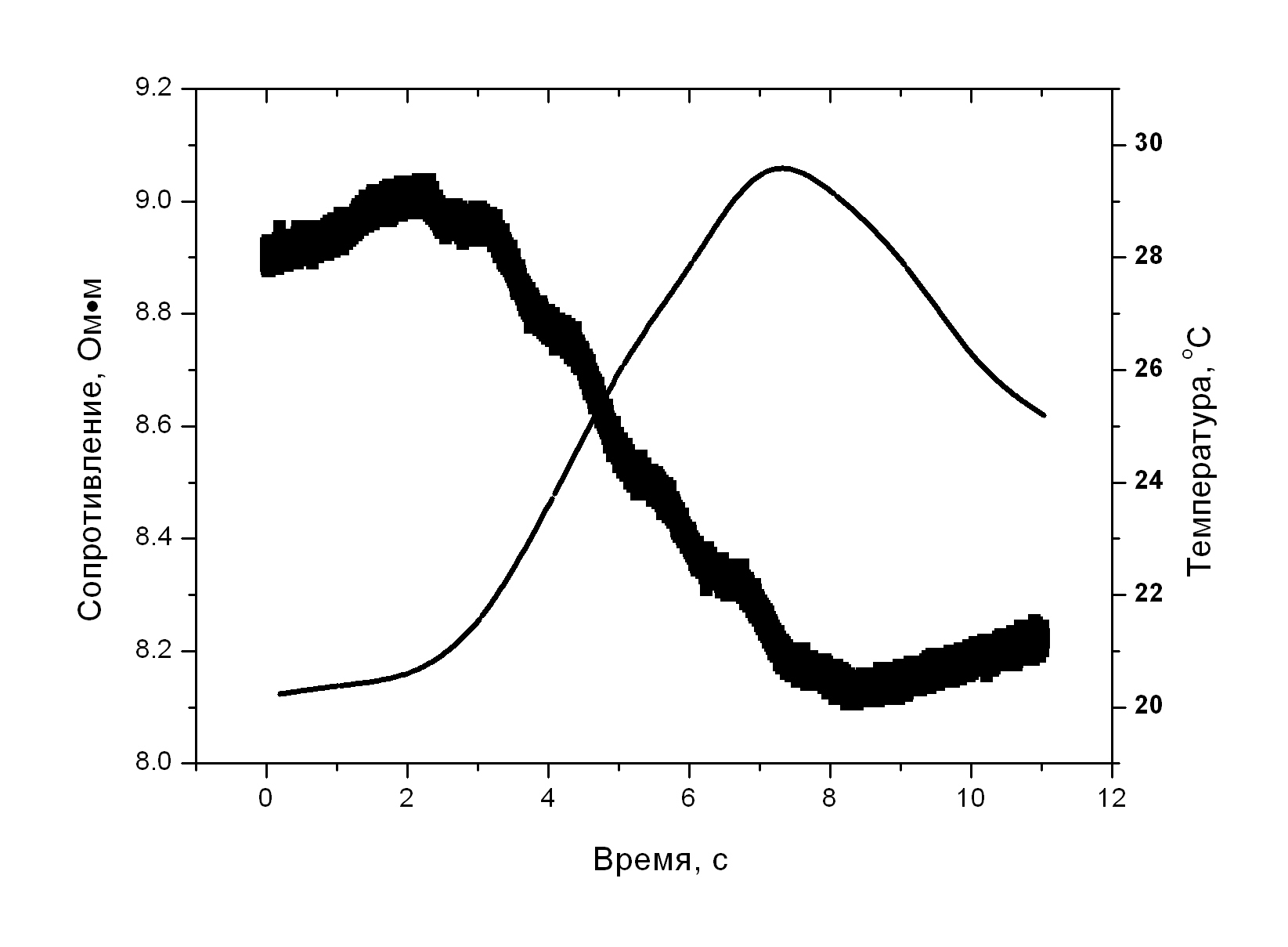
*e-mail: ekkassianenko@gmail.com*

*\*Институт Проблем Лазерных и Информационных Технологий РАН,*

*Отдел Перспективных Лазерных Технологий, Троицк, Москва, Россия*

В основе новой медицинской технологии лазерного изменения формы хрящевой ткани лежит явление лазерно-индуцированной релаксации механических напряжений. Известно [1], что механические свойства этой ткани определяются взаимодействием зарядов молекул хрящевого матрикса. Изменение формы хряща при лазерном нагреве связано с изменением хрящевого матрикса [3], а также с возможным переносом его зарядов и электропроводности ткани [2], измеренной на переменном токе.

Целью данной работы было изучение электрофизических свойств хрящевой ткани при лазерном нагреве в тепловом режиме, близком к применяемому в этой технологии.



Зависимость сопротивления (жирная

линия) и температуры (тонкая линия)

образца хряща от времени при лазерном

облучении импульсно-периодическим

излучением Er-лазера в режиме:

Р=2.2 Вт;Δτ=0.5 с; f=1 Гц

Проводилось изучение механизма изменения электропроводности хрящевой ткани. В эксперименте на постоянном токе использовалась выделенная хрящевая ткань сустава бычка при облучении импульсно-периодическим излучением Er-лазера, с кольцевым распределением интенсивности.

При изучении электропроводности ткани на постоянном токе и измерении ее сопротивления использовался коаксиальный датчик диаметром 10 мм (диаметр внутреннего электрода *r*=1.25 мм, внешнего электрода *R*=4.7 мм). Для измерения температуры образца и распределения теплового поля использовался тепловизор TestoAG. В компьютерной системе сбора и обработки данных использовалась плата L780 и программное обеспечение LGraph фирмы L-CARD.

В результате были измерены зависимость удельного сопротивления образца от времени лазерного облучения и динамика его нагрева. В ходе эксперимента была обнаружена немонотонная падающая зависимость сопротивления от времени нагрева. Данная зависимость имеет активационный характер: первые падения сопротивления слабые, с каждым последующим лазерным импульсом резко увеличиваются. Наблюдаемую немонотонность можно объяснить температурной зависимостью электропроводности хрящевой ткани. При малых температурах сопротивление ткани растет при нагреве от комнатной температуры на несколько градусов, а затем падает при дальнейшем нагреве до 30 oC. Наблюдаемая температурная зависимость подчиняется линейному закону роста сопротивления вследствие уменьшения подвижности ионов ~1/T, и уменьшению сопротивления за счет активационного закона роста концентрации носителей заряда от температуры:

,



где Ua-энергия активации, Zi-заряд i-ого иона, ni-концентрация i-ого иона, D0-коэффициент диффузии, k-постоянная Больцмана, T-температура, e-заряд электрона.

Свободными носителями заряда в хрящевой ткани являются свободные ионы Na+ и Cl-, H+ и OH-. Кроме того, в ткани присутствуют связанные ионы в гидратных оболочках заряженных протеогликанов. Эти ионы могут отделяться от агрегатов при воздействии лазерного излучения. Концентрация этих ионов растет с ростом температуры. Она растет активационным образом при достижении температуры фазового перехода. В результате сопротивление ткани падает, что свидетельствует об изменении состояния хрящевого матрикса.

Таким образом, наблюдаемые изменения сопротивления ткани свидетельствуют о структурных изменениях ткани, индуцируемых лазерным излучением.

Измерение зависимости электропроводности ткани может использоваться в контрольных системах управления лазером для медицинской технологии лазерного изменения формы хрящевой ткани.

**Литература**

1. Лазерная инженерия хряща / под ред. Соболя Э.Н., Баскова А.В. и Баграташвили В.Н. М.: Физмат Лит – 2006. 407С.
2. Омельченко А.И., Соболь Э.Н. Изменения электропроводности тканей межпозвонковых дисков при импульсно-периодическом лазерном воздействии. *Квантовая Электроника.* 2009,39, №3, с.279-282.
3. SobolE.N., Milner T.E., et al. Laser reshaping and regeneration of cartilage. *LaserPhys. Lett.* 2007, **4**, No. 7, p. 488–502.